

人工影响天气标准体系构建研究

钱尧¹ 贺星瑶² 郭小雨² 刘春卉^{3*} 杜春丽⁴ 赵俊杰⁵

(1. 中国气象局人工影响天气中心; 2. 中北大学; 3. 中国标准化研究院;
4. 河南省人工影响天气中心; 5. 山西省气象灾害防御技术中心)

摘要: 本文从人工影响天气及其标准体系的概念入手, 立足于气象战略定位、业务发展需求及标准化管理对国家标准体系框架构建的需求, 结合人工影响天气标准体系的构建原则, 构建并优化了人工影响天气标准体系。同时, 对标准体系中的术语、作业条件、作业实施、装备保障、效果评估和作业安全六大子体系进行了详细阐述, 进一步完善了气象标准体系的总体框架。最后, 就如何推进人工影响天气标准体系的建设与优化提出了具体建议。

关键词: 人工影响天气, 标准体系, 标准

DOI编码: 10.3969/j.issn.1674-5698.2024.07.003

Research on the Construction of Artificial Weather Modification Standard System

QIAN Yao¹ HE Xing-yao² GUO Xiao-yu² LIU Chun-hui^{3*}
DU Chun-li⁴ ZHAO Jun-jie⁵

(1. Weather Modification Center, CMA; 2. North University of China; 3. China National Institute of Standardization; 4. Weather Modification Center of Henan Province;
5. Meteorological Disaster Prevention Technology Center of Shanxi Province)

Abstract: This paper begins with the concept of artificial weather modification and its standard system. It focuses on the strategic positioning of meteorology, the needs of operational development, and the requirements of standardization management for the construction of a national standard system framework. By combining the principles for constructing the artificial weather modification standard system, the paper constructs and optimizes this system. It provides a detailed explanation of six subsystems within the standard system, including terminology, cloud-seeding condition, implementation, equipment support, effective assessment and operational safety, further improving the overall framework of the meteorological standard system. Finally, specific suggestions are put forward on how to advance the construction and optimization of the artificial weather modification standard system.

Keywords: artificial weather modification, standard system, standard

基金项目: 本文受国家重点研发计划课题“我国五大领域装备与工程标准海外转化应用研究”(课题编号: 2016YFF0202903)资助。

作者简介: 钱尧, 高级工程师, 研究方向为人工影响天气标准国际化、标准化管理、标准服务。

贺星瑶, 硕士研究生, 研究方向为工业工程与管理。

郭小雨, 硕士研究生, 研究方向为工业工程与管理。

刘春卉, 通信作者, 研究馆员, 博士, 研究方向为标准国际化、标准信息管理、标准知识服务。

杜春丽, 高级工程师, 研究方向为人工影响天气作业技术与业务管理。

赵俊杰, 工程师, 研究方向为云降水和人工影响天气。

0 引言

标准体系是一种运用系统论原理指导标准化工作的方法论,通过构建数学模型等辅助工具,有效解决系统工程中面临的复杂问题^[1]。作为系统化的实用知识财富,标准体系为相应领域技术、产品、服务等高质量发展提供了坚实的基础支撑。近年来,国家高度重视气象标准化工作,中国气象局围绕国计民生和气象事业改革发展对标准化工作的要求和需求,先后印发了《气象标准化“十二五”发展规划》、《“十三五”气象标准体系框架及重点气象标准项目计划》、《气象规划“十四五”规划体系(2021–2025年)》,形成了包括气象防灾减灾、应对气候变化、公共气象服务、生态气象等14个专业领域在内的,由国家标准、行业标准、地方标准、团体标准4个层级组成的气象标准体系。与此同时,为提高人工影响天气在防灾减灾、生态文明建设、应对气候变化等方面的能力和效益,我国形成了国家–省–市–县四级人工影响天气业务体系,对于人工影响天气标准体系的调整与优化也更加迫切。

本文在深入研究2019版框架体系存在的不足、并充分考虑当前人工影响天气业务需求的基础上,对人工影响天气标准制修订项目的现状进行了深入分析。为确保标准的科学性和实用性,对一级分类进行了重新梳理和调整,并增设了二级分类,进一步细化了标准的定位,重新构建了人工影响天气标准体系。

1 标准体系构建需求和原则

1.1 构建需求

(1) 2019版人工影响天气框架体系的不足

根据2019年版标准分类清单来看,目前人工影响天气标准制修订工作存在以下问题。

1) 制定的各类标准不平衡,人工影响天气装备、业务保障等涉及“硬件”的标准较多,人工影响天气作业条件识别、人工影响天气效果检验等涉及“软件”的标准较少,甚至严重缺少;

2) 标准没有形成系列,缺乏系统性和引导性,造成标准之间内容交叉;

3) 标准与业务的衔接不够,部分标准分类的名称模糊,如:人工影响天气业务技术保障类,字面上涵盖了所有人工影响天气业务技术,未清楚界定是哪类业务,造成该类标准多集中在作业装备的业务保障上。

(2) 气象事业战略定位

党中央和国务院长期以来对人工影响天气工作给予高度关注和重视,国务院办公厅于2012年发布了《关于进一步加强人工影响天气工作的意见》,明确了该领域的发展方向并提供行动指南。2021年中国气象局与国家发改委联合制定了《全国气象发展“十四五”规划》,强调了推进气象事业高质量发展的重要性。为了深入贯彻这一规划,中国气象局继《人工影响天气“耕云”行动计划(2020–2022年)》后,又出台了《人工影响天气“播雨”减灾行动计划(2023–2025年)》,明确人工影响天气高质量发展目标和重点任务,提出到2025年,基本形成规范高效、技术先进、安全可靠,多领域、多类型、全方位的新型人工影响天气工作体系的目标。因此,构建人工影响天气标准体系对促进人工影响天气标准化工作及气象事业高质量发展有重要意义。

(3) 人工影响天气发展需求

人工影响天气是指为避免或者减轻气象灾害,合理利用气候资源,在适当条件下通过科技手段对局部大气的物理过程进行人为影响,实现增雨(雪)、防雹、防霜、消雨、消雾等目的的活动^[2],对于缓解干旱、减少雹灾损失、确保粮食高产稳产以及保持农业农村经济持续稳定发展具有重要作用。同时,加强常态化、规模化人工增雨(雪)作业,对缓解水资源供需矛盾,保障经济社会可持续发展具有重要的长远意义。此外,人工影响天气作业对于保障我国承办的重要国际性会议赛事和各类重大社会活动顺利实施也具有重要意义。标准体系是系统化的实用知识财富,是相应领域高质量发展的重要基础支撑。构建标准体系对于促进人工影响天气发展,提高其防灾减灾、生态文明建设

设、应对气候变化等的能力和效益至关重要。

(4) 标准化管理的需求

标准是国家核心竞争力、经济社会秩序、国家治理体系和治理能力现代化的基础性制度。目前,中国气象局党组正致力于贯彻落实党的二十大精神,推动气象事业高质量发展,因此,保障气象事业高质量发展必然成为气象标准化工作的重中之重,也是深化气象标准化工作改革的必然要求。标准体系是一定范围的标准按其内在联系形成的科学的有机整体。标准体系建设工作,既是标准化的顶层设计工作,又是标准化的基本建设工作^[3]。随着人工影响天气工作的深入发展,对于标准化管理的需求日益增强。通过构建标准体系,可以规范人工影响天气工作的各个环节,提高工作的科学性和规范性。目前,在人工影响天气领域还存在保障机制不健全、作业能力与服务需求不相适应等短板与不足。此外,近年来人工影响天气虽取得了长足进步,但仍面临重大挑战,作业能力与服务需求不相适应的矛盾较为突出,通过不断完善标准体系,可以推动人工影响天气技术的进步和规范化发展,提高作业效果和服务水平,更好地满足社会需求。因此,对人工影响天气标准体系进行有针对性地研究并不断完善,不仅是对气象标准体系总框架的细化和有益补充,而且对今后开展标准体系建设和履行标准化管理职责尤为重要。

1.2 构建原则

(1) 科学性原则。遵循层次清晰、分类科学、结构合理,具有先进性、兼容性和适度超前的原则。这意味着在构建过程中,必须基于科学理论、科学方法和科学数据,确保所构建的标准体系具有科学性和可靠性。

(2) 适用性原则。所构建的标准体系必须紧密贴合实际需求,确保可操作性和可执行性。在构建过程中,除了依法依规进行,还需全面深入了解人工影响天气领域标准的制定需求以及现行标准的应用情况,以确保标准体系的科学性和有效性。

(3) 协调性原则。人工影响天气标准体系框架的设计应该以有关法律法规、制度规范为依据,以确保标准体系能够与法律法规、制度规范相衔

接以及体系内各项标准在内容、方法和要求上尽量相互协调、统一,减少重复与交叉,避免互相矛盾,从而保障所构建的标准体系与其他相关标准体系相互衔接、相互支撑。

(4) 前瞻性原则。在构建过程中,必须保持对当前实际情况的深刻理解,并且具备前瞻性和创新性,充分考虑未来发展趋势和技术进步等关键因素,以确保决策和行动能够适应未来挑战和机遇。同时,还应遵循各分体系、子体系之间具有一定的可分解性和可扩展空间的原则,以确保整个标准体系能够适应未来不断变化的需求和发展。

2 人工影响天气标准体系构建

2.1 人工影响天气标准体系

经过重新梳理,对2019版框架体系的第二层级进行了优化,并新增了第三层级分类,更加细化了标准的定位,并增强了体系的结构化。新增了“术语”“作业条件”以及“作业实施”等关键要素,取消了“人工影响天气业务技术保障”部分,得到了最终的人工影响天气标准体系。将人工影响天气领域分为3个层次,第一层级为人工影响天气标准体系,第二层级为标准子体系,包括术语、作业条件、作业实施、装备保障、效果评估和作业安全等6个子体系,第三层级为各子体系的进一步细分,由18个类目构成。人工影响天气标准体系框架如图1所示。

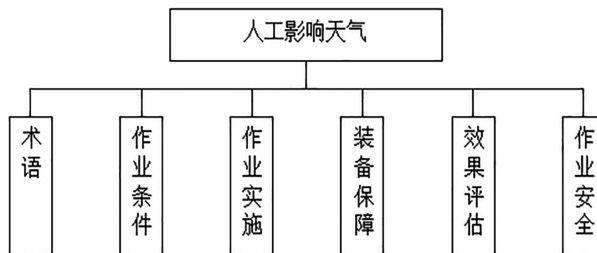


图1 人工影响天气标准体系框架

2.2 术语标准子体系

术语标准是人工影响天气作业的基石,具有通用性,为其他子体系提供了直接引用的依据。该标准明确了人工影响天气的核心概念和定义,为其

他各部分标准的制定提供支撑,涵盖了术语、图形符号、标志等关键要素。通过遵循这一标准,可以确保人工影响天气作业的规范性和一致性,提升作业效率和质量。

2.3 作业条件子体系

组织实施人工影响天气作业,应当具备适宜的天气气候条件,充分考虑当地防灾减灾的需求和作业效果。作业条件标准针对人工影响天气作业条件的监测、识别、分析、预报、预警以及作业指标的技术、方法、等级进行规范^[4],包括人工增雨作业条件、人工防雹作业条件以及其他作业条件的标准。作业条件子体系框架如图2所示。

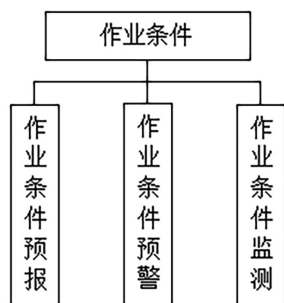


图2 作业条件子体系框架

2.3.1 人工增雨作业条件

包括人工增雨作业条件监测、识别、分析、预报、预警以及作业指标的技术、方法、等级标准。这些标准为准确分析天气形势,估算适宜增雨作业的地点和时机,选择有效的增雨方式提供了重要依据^[5],对我国人工增雨作业的工作方式以及管理方式有着至关重要的引导性。

2.3.2 人工防雹作业条件

人工防雹是减少和减轻冰雹灾害的有效手段。人工防雹作业条件标准范围包括人工防雹作业条件监测、识别、分析、预报、预警以及作业指标的技术、方法、等级标准,这些标准主要针对我国防雹作业业务工作条件,立足于人工防雹作业技术的科学要求,从而为提升人工防雹作业的科学性和加强人工防雹科学研究提供了技术支持。已实施的GB/T 34304-2017《人工防雹作业预警等级》在构建人工影响天气标准化管理体系中具有里程碑式的意义,为我国防雹工作提供了明确的指导和规范。

2.3.3 其他作业条件

包括除人工增雨和人工防雹以外其他作业条件监测、识别、分析、预报、预警以及作业指标的技术、方法、等级标准。例如:人工增雪、人工消雾、人工防霜等其他作业。

2.4 作业实施子体系

作业规范化是提高效率、保障安全、保护环境以及促进经济社会发展的关键手段。通过制定严谨的方案、运用科学的操作技术、实施有效的调度指挥,以及明确实施要求,能够确保作业的高效执行,避免无效或低效的操作;同时,也能够保障作业人员的安全,减少因操作失误或违规操作引发的安全事故。此外,规范化的作业实施还能在一定程度上改善生态环境,如:增加降水量、缓解干旱等,确保这些正面效果的最大化,并防止对环境造成不利影响。同时,人工影响天气作业的实施对于保障农业生产、改善水资源状况等也具有重要意义,为经济社会的持续稳定发展提供了坚实支撑。以下几个方面与人工影响天气作业的实施效果与安全性紧密相关,因此,为确保其规范性和作业效率,有必要制定相应的标准。作业实施子体系框架如图3所示。

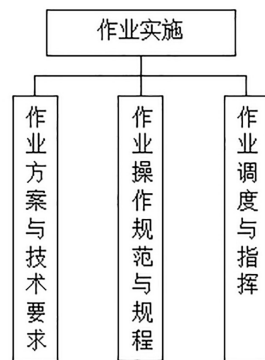


图3 作业实施子体系框架

2.4.1 作业方案与技术要求

包括人工影响天气的探测方案、作业流程、技术细则及实施标准。这些标准应详细规定探测和作业的具体方法、技术要求和实施步骤。

2.4.2 作业操作规范与规程

主要包括人工影响天气的探测和作业模式,明确各类作业的操作指南、操作规程以及记录等的标

准。这些规程应确保作业过程的规范性和精确性。

2.4.3 作业调度与指挥

包括确立多部门协同作业的指挥机制,并明确作业指挥软件的使用要求和标准。这有助于确保在多部门协同作业时的有效沟通和高效指挥。

2.5 装备保障子体系

科技进步与气象现代化的不断推动,促使人工影响天气作业装备逐步向自动化及智能化迈进。目前,我国的人工影响天气作业装备已由最初的简易土炮演变为现代化的火箭、高炮及无人机等多样化形式,技术水平和装备质量总体上已达到世界先进水平^[6]。在分类上,人工影响天气作业装备主要分为地面作业装备与空中作业装备两大类,具体涵盖高炮、火箭、飞机及其相关附属设备。这些装备在人工影响天气方面发挥着至关重要的作用,是实现预期气象效果的关键手段。因此为了保障装备稳定运行,必须对装备的技术规格、检测流程、验收标准、维护保养、故障修理以及编码管理等方面做出明确规范。这些规范不仅涉及探测装备和作业装备,还涵盖了催化剂和试验环境设施等多个方面。装备保障子体系框架如图4所示。

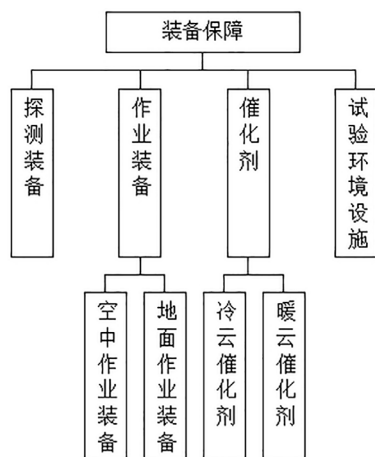


图4 装备保障子体系框架

2.5.1 探测装备

包括制定关于人工影响天气飞机探测和地面探测装备的通用性能要求及验收技术标准的规范,以确保装备在探测过程中的准确性和可靠性。

2.5.2 作业装备

人工影响天气的作业装备按照作业操作形式

可分为空中作业型与地面作业型^[7]。飞机是人工影响天气作业的最直接装备,而真正实现人工影响天气空中作业的核心在于机载作业设备,火箭、高炮以及地面发生器等地面装备的使用有力地填补了作业飞机难以实施的空白。规范作业装备的性能要求及验收技术标准,以保证装备在实际作业中的高效性和安全性。

2.5.3 催化剂

催化剂的研发是人工影响天气技术进步的重要表现,现阶段主要有冷云催化剂与暖云催化剂两种。设定针对人工影响天气用催化剂的技术标准,以及催化剂成核率检测的具体规范,有助于确保催化剂的质量和效果。

2.5.4 试验环境设施

包括制定关于人工影响天气业务和科研试验用实验室建设、环境模拟、试验流程等方面的标准,以提供一个稳定、可靠的试验环境,保障科研和业务的顺利进行。

2.6 效果评估子体系

人工影响天气的效果检验与评估是一项既重要又困难的研究型和业务型工作。科学、严谨的效果检验与评估,不仅是人工影响天气技术发展的基石,也是社会公众广泛关注的焦点,更是决策层作出科学决策的重要依据。为使人工影响天气科学技术能持续、健康地发展,人工影响天气效果检验与评估技术是亟待解决和不可避免的科学问题。通过规范人工影响天气作业效果的物理、统计、数值模拟检验,云水资源评估,作业效益评估等提高人工影响天气的作业效率。效果评估子体系框架如图5所示。

2.6.1 作业效果检验

主要关注人工影响天气作业的物理效果、统计效果以及数值模拟效果的评估标准。通过对这些方面的综合考量,能够更准确地判断作业的实际效果,从而为后续作业提供改进方向。

2.6.2 云水资源评估

在人工影响天气作业前后,对云水资源的评估至关重要。这涉及评估方法、评估指标等标准的制定。通过对云水资源的科学评估,能够更好地了

解云水资源的分布和变化,为人工影响天气作业提供有力支持。

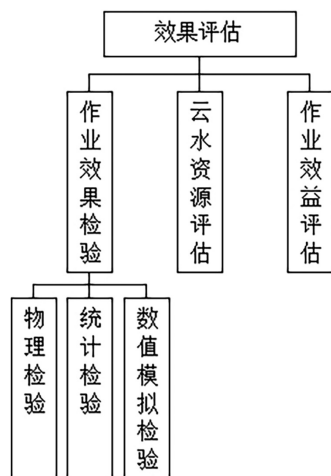


图5 效果评估子体系框架

2.6.3 作业效益评估

主要关注人工影响天气作业的效益评估和要求等。通过制定科学、合理的评估方法和要求,能够全面、客观地评价作业的实际效果,从而为未来作业的决策和优化提供重要依据。

2.7 作业安全子体系

人工影响天气工作必须以安全为首要前提。通过确立详尽的作业过程、设备操作与维护规范、空域申请程序,事故调查以及作业人员的资质要求和培训体系,有助于保障人工影响天气作业的科学性与精确性,进而提升作业效果,更好地服务于农业抗旱、防雹减灾、空中水资源开发、生态环境保护与建设等领域。制定并执行严格的作业安全标准,不仅保障了作业人员在执行任务时的生命安全,也有效预防了因操作不当或其他原因造成的事故和伤亡。此外,作业安全标准是推动人工影响天气工作高质量发展的重要基石。通过持续提升安全标准,激励作业单位不断提高安全技术和管理水平,从而推动人工影响天气工作实现高质量发展。作业安全子体系框架如图6所示。

2.7.1 作业安全技术和管

确立人工影响天气各类作业过程的安全技术和管标准,如:飞机作业安全管理、射界图绘制、事故调查程序等。

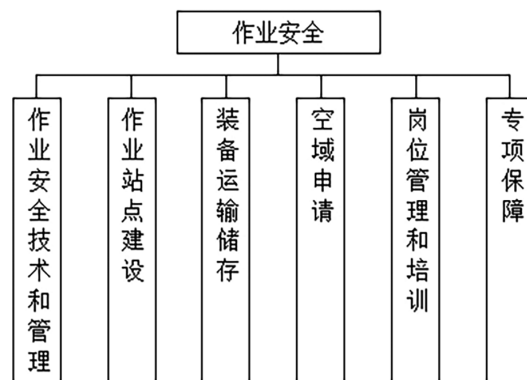


图6 作业安全子体系框架

2.7.2 作业站点建设

规定人工影响天气作业站点的建设、验收与评估要求,确保站点设施符合安全标准。

2.7.3 装备运输储存

明确人工影响天气作业装备的运输、存储和管理要求,保障装备在运输和存储过程中的安全。

3.7.4 空域申请

制定人工影响天气作业空域申请流程和信息管理标准。实施人工影响天气作业前,作业组织提前向有关管理部门申请作业空域,获得批准后方可按批准事项实施作业;作业时,应确保通信畅通;作业后,及时回复空域批准单位,记录、上报作业实施情况,确保作业空域的安全与合规性。

2.7.5 岗位管理和培训

确立人工影响天气作业岗位的职责要求,以及作业人员的培训与认证标准,提升作业人员的专业素养和安全意识。

2.7.6 专项保障

针对重大活动人工影响天气保障过程,制定任务实施、调度管理、信息共享等方面的专项标准,确保保障工作的有序与高效。

2.8 人工影响天气标准体系分类表

按照人工影响天气标准体系第三层级划分,将已发布的人工影响天气领域相关标准分别纳入对应子体系,涵盖了总计57项标准,最终构建出人工影响天气标准体系分类表,并对该表实行动态管理。

3 人工影响天气标准体系建设的建议

3.1 加强标准体系的顶层设计，强化人工影响天气标准建设的系统性和整体性

各级地方政府和相关部门应根据国家“十四五”气象发展规划，在现有标准的基础上，进一步梳理和整合人工影响天气相关标准，形成完善的标准体系。并结合当地实际，深入研究，进一步细化人工影响天气标准体系表，并以行业标准或管理规范的形式下发，做好推广和普及。同时，应根据科技发展和实践需求，制定新的标准，填补空白领域，提高标准的科学性和实用性。

3.2 加强人工影响天气组织管理和人才保障

在人工影响天气标准制定管理的相关文件中，进一步明确各组织机构和人员职责，以确保标准制定过程中的各个环节得到妥善管理和充分保障。同时推进分层次、分对象的标准化人才培养工作，以构建一支具备高水准的标准起草团队和质量监控专家团队，从而为气象标准的制定提供坚实的人才基础，保证标准体系建设的稳步推进和高质量发展。

3.3 强化标准实施与监督

强化标准体系的实施与监督是确保人工影响天气标准体系有效运行和持续优化的关键环节。在实施过程中，必须建立严格的监督机制和评估体系，确保各项标准得到切实执行和有效落实。这包括定期对标准执行情况进行检查、评估和反馈，及时发现和解决标准执行中的问题，确保标准体系的有效性和适应性。

3.4 强化国际合作机制

人工影响天气问题具有全球性特征，世界气

象组织(WMO)及国际标准化组织(ISO)持续对人工影响天气的相关标准进行修订与完善。这些成果对我国具有重要的参考和借鉴价值^[8]。在人工影响天气的标准化工作中，我国不仅能够借鉴国际上科学的数据支持和案例分析，还能够吸收国际成功案例和实践经验，避免不必要的弯路，以推动我国在该领域实现更大的突破和进展。

3.5 建立标准体系定期评估机制

标准体系建设是动态发展、不断优化的过程，因此，需要定期对人工影响天气标准体系框架进行评估，对计划项目申报和完成情况进行核查，将已发布标准及时整理归类，并实时更新标准明细表，确保标准体系的适用性和计划的有序推进。

4 结语

标准体系是聚焦国家战略需求，推动相关领域事业高质量发展的重要举措。研究并优化人工影响天气标准体系，不仅是对气象标准体系总框架的深入细化和积极完善，更对提升我国气象服务水平 and 应对气候变化挑战具有重大的战略意义。随着技术和市场的快速发展，标准体系也需要与时俱进，不断适应新的需求和挑战。通过定期审查，及时发现标准体系中存在的问题和不足，从而进行修订和完善。同时积极参与国内外标准化活动，加强行业内外交流和合作，了解最新的标准化动态和技术趋势，为标准体系的完善和发展提供有力支持。

参考文献

- [1] 中国气象局. QX/T 151-2012, 人工影响天气作业术语[S]. 科技风, 2018(18):132.
- [2] 中国标准化研究院. GB/T 13016-2018, 标准体系构建原则和要求[S]. 北京: 中国标准出版社, 2018.
- [3] 麦绿波. 标准体系的内涵和价值特性[J]. 国防技术基础, 2010(12):3-7.
- [4] 赵丽斌. 哈尔滨地区人工影响天气作业条件监测预警技术研究[J]. 黑龙江农业科学, 2019(06):30-35.
- [5] 张栋. 降水天气系统对人工增雨作业条件的影响分析[J]. 生命与灾害, 2023(07):28-31.
- [6] 唐森. 从自动化到智能化! 盘点那些人工影响天气的硬核装备[J]. 生命与灾害, 2023(07):28-31.
- [7] 那顺吉雅. 人工影响天气作业装备研发和运用进展[J]. 农家参谋, 2019(04):146.
- [8] 王健敏,皇甫立霞,郭开华. 国外经验对我国标准化建设的启示[J]. 科技管理研究, 2010,30(20):161-164.